水稻氮肥施肥技術之研究（第一報）
氮肥晚期施用對水稻產量及養分吸收之影響

邱再發　　黃文良

一、前　　言

近來本省稻谷產量年有增加，1968年已有252萬公噸之糙米生產；同時糧食局所配銷之化學肥料亦逐年增加，1968年有86萬公噸，其中稻作肥料之氮素含量佔三要素中之72%，而稻作肥料則佔全部化學肥料總量之79%，即71萬公噸，且臺灣農家之施肥量尚在繼續增加之中（1）。

一般水稻產量愈多者，其無機養份吸收量也愈多，為使稻谷產量增加，需要供給更多的養分，以利水稻吸收；但多量肥料之施用，不一定可達到增產之目的，如何使多量肥料完全被水稻吸收利用係值得研究之施肥技術之一，尤其過去本省之水稻肥料試驗結果，均顯示氮肥之施用方法，影響稻產量最甚。

最近氮素肥料之施肥技術，似注重於氮肥之分施及施用時期。追肥之實施可供給水稻生育途中各時期所需要之氮素，但追肥之時期及用量若不適當時，亦可引起病蟲害及減產之危險。為確立理想之氮素肥料施用技術，現在習用之施肥方法有研討之必要，且須瞭解各種環境，條件及水稻營養情況。筆者為明瞭稻谷產量，水稻品種之三要素吸收量，氮肥種類，施肥時期及用量等關係，1968年於羅東、樹林、桃園三處舉行水稻田間肥料試驗。本研究之目的為在各種土壤之不同氮肥施用方法下，探求水稻氮素營養與產量之關係，而闡明氮肥之晚期施用效果，俾資農家施肥之參考。

本研究蒙國家科學委員會及農復會之補助、並得農業試驗所植物營養研究室同仁協助完成試驗，本文復蒙農復會蘇楠榮博士斧正，謹此一併致謝。

二、試驗方法

使用兩種品種，蓬萊種新竹56及在來種矮脚尖。民國57年在三處不同水田土壤即（1）羅東粘板岩冲積土，（2）樹林砂岩頁岩冲積土，（3）桃園紅壤進行田間試驗。田間設計為七種肥料處理，五重複共三十五小區，小區面積 1/1000 公頃，各品種皆有三十五小區，隨機區集排列，每小區栽植250欉，栽植行距　25cm×16cm　，肥料處理注重水稻生育中期之氮缺乏，配合生育晚期之氮素追肥效果，以期獲致稻谷高產量。另使用臺製之化成肥料（尿素系）16—8—12 及日製化成肥料（磷銨系）15—15—10，以硫銨為對照探究其肥效，處理內容如表1。

表1.　田間試驗肥料處理

Table 1. Fertilizer treatments of the field experiment

處理區名 Plot name	三要素量 kg/ha $N—P_2O_5—K_2O$	各時期氮素用量 Nkg/ha Amount of N applied at different stages (插秧後日數 Days after transplanting) 0 (第一期作 1st crop) / 0 (第二期作 2nd crop)	15 / 8	25 / 18	65 / 50	75 / 58	85 / 65	95 / 72
1 硫安N 100 對照區 Amm. Sulf. Control	100—60—60	50	25	25	—	—	—	—
2 硫安 N100 晚施區 Amm. Sulf. Late appli.	100—60—60	30	30	—	20	10	5	5

3 硫安 N120 晚施區 Amm. Sulf. Late appli.	120—60—60	36	36	—	24	12	6	6
4 硫安 N140 晚施區 Amm. Sulf. Late appli.	140—60—60	42	42	—	28	14	7	7
5 尿素 N140 晚施區 Urea Late appli.	140—60—60	42	42	—	28	14	7	7
6 日製化成肥料區 Japan compound fertilizer	100—100—60	50	25	25	—	—	—	—
7 台製化成肥料區 Taiwan compound fertilizer	100—50—75	50	25	25	—	—	—	—

各時期採取水稻樣本，以農試所植物營養研究室經常分析之迅速測定法（2），定量樣本中之氮、磷、鉀含量。另採取試驗地水田土壤，定量其全氮含量外，將濕土以 N—KCl溶液振搖，抽取上澄液，應用擴散法（3），定量土壤之銨態氮及硝酸態氮。

三、結果與討論

I 田間試驗結果

本試驗之氮肥晚期施用處理，對稻谷產量有顯著的增產效果。兩品種×兩期作×三處試驗地，即共十二個肥料試驗之中，稻谷產量處理差異達１％顯著標準者有九個，僅有三個試驗，稻谷有增產，但未達到顯著標準（表２及３）。

本試驗所使用之矮脚尖及新竹56號均爲本省北部產量較高之品種。此兩品種對氮肥處理都表現同樣的效應，即對多氮晚期施用處理，尤其第四處理(N140 晚施)有顯著的增產。第一期作新竹56號對氮肥的效應，比矮脚尖爲大，即前者比對照區增產12％，後者６％，但在第二期作新竹 56 號增產6％，稻谷藁矮脚尖增產11％。矮脚尖第一期作之稻谷平均產量比新竹56號爲高，但在第二期作新竹56號反而比矮脚尖爲高。稻谷產量之兩期作總平均結果兩品種間差異甚微，即矮脚尖稻谷平均產量爲4.93公噸/公頃，新竹56號爲5.00公噸/公頃。

表2. 肥料處理對水稻產量之影響；第一期作試驗 (公噸/公頃)

Table 2. The effect of the fertilizer treatment on the yields of rice, the lst crop 1968 (ton/ha)

品種 Variety	處理 Treatment	羅東 Lotung 谷（指數）Grain (Index)	羅東 Lotung 藁（指數）Straw (Index)	桃園 Taoyuan 谷 Grain	桃園 Taoyuan 藁 Straw	樹林 Shulin 谷 Grain	樹林 Shulin 藁 Straw	平均 Mean 谷 Grain	平均 Mean 藁 straw
矮脚尖 Aichiawchien	1.N100對照	4.94(100)	3.36(100)	4.59(100)	5.00(100)	5.78(100)	4.52(100)	5.10(100)	4.29(100)
	2.N100晚施	4.84(98)	3.24(96)	4.41(96)	5.01(100)	6.00(104)	4.66(103)	5.08(100)	4.30(100)
	3.N120晚施	4.98(101)	3.38(101)	4.55(99)	4.57(91)	6.32(109)	5.15(114)	5.28(104)	4.37(102)
	4.N140晚施	5.18(105)	3.60(107)	4.56(99)	5.21(104)	6.43(111)	4.95(110)	5.39(106)	4.59(107)
	5.N140（尿素）晚施	5.24(106)	3.60(107)	4.74(103)	4.23(85)	6.02(104)	5.29(117)	5.33(105)	4.37(102)
	6.日化成肥	4.92(100)	3.44(102)	4.68(102)	4.99(100)	5.92(102)	4.82(107)	5.17(101)	4.42(103)
	7.臺化成肥	4.36(88)	3.08(92)	4.28(93)	4.94(99)	5.60(97)	4.59(102)	4.75(93)	4.20(98)
	F 値	5.83**	3.12*	2.02 N.S	1.66 N.S.	8.37**	1.19 N.S.		

新竹五六 Hsinchu 56	1.N100對照	4.62(100)	3.00(100)	3.99(100)	4.77(100)	5.90(100)	4,74(100)	4.84(100)	4.17(100)
	2.N100晚施	4.50(97)	2.60(87)	4.59(115)	5.06(106)	6.43(109)	4.85(102)	5.17(107)	4.17(100)
	3.N120晚施	4.84(108)	2.90(97)	4.38(110)	4.84(101)	6.31(107)	5.06(107)	5.18(107)	4.27(102)
	4.N140晚施	5.22(113)	3.24(108)	4.54(114)	4.61(97)	6.57(111)	5.67(120)	5.44(112)	4.51(108)
	5.N140 (尿素) 晚施	5.06(110)	3.28(109)	4.41(111)	4.65(97)	6.49(110)	5.36(113)	5.32(110)	4.43(106)
	6.日化成肥	4.62(100)	2.98(99)	4.14(104)	4.37(92)	5.77(98)	4.90(103)	4.84(100)	4.08(98)
	7.臺化成肥	4.04(87)	2.48(88)	3.85(97)	4.81(101)	5.78(98)	4.35(92)	4.56(94)	3.88(93)
	F 值	12.91**	11.21**	4.35**	N.S.	13.07**	4.36**		

註：理論 F值 (Theoretical F-value) 爲 5 %2.51,1%3.67

表3. 肥料處理對水稻產量之影響；第二期作試驗 (公噸/公頃)

Table 3. The effect of the fertilizer treatment on the yields of rice, the 2nd crop 1968 (ton/ha)

品種 Variey	處理 Treatment	羅東 Lotung		桃園 Taoyuan		樹林 Shulin		平均 Mean	
		谷 (指數) Grain	藁 (指數) Straw	谷 Grain	藁 Straw	谷 Grain	藁 Straw	谷 Grain	藁 Straw
矮脚尖 Aichiawchien	1.N100對照	4.54(100)	4.64(100)	4.87(100)	5.78(100)	3.78(100)	4.23(100)	4.40(100)	4.88(100)
	2.N100晚施	4.88(107)	4.20(91)	5.21(107)	5.63(97)	4.34(114)	5.03(119)	4.81(109)	4.95(101)
	3.N120晚施	4.98(110)	4.64(100)	5.19(107)	5.82(101)	4.27(112)	4.82(114)	4.81(109)	5.09(104)
	4.N140晚施	5.18(114)	5.00(108)	5.27(108)	5.81(100)	4.23(111)	4.98(118)	4.89(111)	5.26(108)
	5.N140 (尿素) 晚施	5.06(111)	4.66(100)	5.25(108)	5.48(95)	4.29(113)	4.65(110)	4.86(110)	4.93(101)
	6.日化成肥	4.80(106)	4.80(103)	5.09(105)	6.02(104)	3.86(102)	4.51(107)	4.58(104)	5.11(105)
	7.臺化成肥	4.66(103)	4.48(97)	4.90(101)	5.67(98)	4.01(105)	4.31(102)	4.52(103)	4.82(99)
	F 值	3.96**	2.56N.S.	N.S.	N.S.	4.00**	3.09*		
新竹五六 Hsinchu 56	1.N100對照	5.14(100)	3.98(100)	5.66(100)	6.16(100)	3.83(100)	5.02(100)	4.88(100)	5.05(100)
	2.N100晚施	4.84(94)	3.82(96)	5.92(105)	5.47(93)	4.02(105)	4.32(86)	4.93(101)	4.63(92)
	3.N120晚施	5.06(98)	3.90(98)	6.06(107)	6.18(100)	3.97(104)	4.92(98)	5.03(103)	5.00(99)
	4.N140晚施	5.36(104)	4.26(107)	6.06(107)	6.08(99)	4.02(105)	4.86(97)	5.15(106)	5.07(100)
	5.N140 (尿素) 晚施	4.88(95)	3.80(96)	5.94(104)	5.80(94)	3.90(102)	4.84(96)	4.91(101)	4.81(95)
	6.日化成肥	5.14(100)	3.72(93)	5.56(98)	6.32(103)	3.98(104)	4.98(99)	4.89(100)	5.01(99)
	7.臺化成肥	4.66(91)	3.78(95)	5.84(103)	6.56(106)	3.88(101)	4.96(98)	4.79(98)	5.10(101)
	F 值	4.10**	1.65N.S.	3.58**	1.85N.S.	N.S.	1.89N.S.		

註：理論 F 值 (Theoretical F-value) 爲 5 %2.51，1%3.67 。

由生育調查結果（表4及5）可以看出，有增產之處理區水稻之穗數並無顯明的增加，所以此增產之直接要素是穗重的增加。本試驗之處理重點爲氮肥之晚期施用。基肥及早期追肥僅促進適當的分蘗數即獲得適當的穗數爲目的，而全部氮肥之40%做爲晚期施用，即出穗前約20天至成熟期，收獲前20天，即在生殖生長期中，分四次施用。此晚期施肥之主要目的爲增加穗重，期待對一穗粒數千粒重或稔實率等產量構成要素有良好效果而引起穗重之增加。

由株高調查結果可知氮肥多量施用很明顯的促進蓬萊種水稻之株高，同時有稻谷增產之效果。對矮性在來種，矮脚尖之株高並無影響。水稻收獲時株高之外，另調查劍葉（最後伸長出來之葉片，即穗下面之第一葉）之長度。關於株高及劍葉長對稻谷產量之相關如何？由新竹56號水稻統計分析，結果表示，本驗試之水稻株高與稻谷產量之相關係數爲 $r = 0.78$ ，但劍葉長與稻谷產量之相關更大，$r = 0.87$ 。產量與株高或產量與劍葉之相關規則在一般水稻田也許不能適用，但如本試驗在同一環境下之水田若應用合理的氮肥施用技術可增加劍葉長或株高者，似可增加稻谷產量。地點不同時水稻株高相差很大。對同一品種而言，樹林之株高比桃園及羅東兩處較高。

表4. 第一期作試驗收穫時之水稻株高又每欉穗數

Table 4. The number of panicles per hill and the height of rice in the lst crop experiment.

品種 Variety	處理 Treatment	羅東 Lotung		桃園 Taoyuan		樹林 Shulin		平均 Mean	
		株高 Height cm	穗數 No. of panicles	株高 Heigh cm	穗數 No. of panicles	株高 Height cm	穗數 No. of panicles	株高 Height cm	穗數 No. of panicles
矮脚尖 Aichiawchien	1.N100對照	86.4	11.1	83.2	12.0	89.2	11.8	86.3	11.6
	2.N100晚施	84.4	11·1	79.4	11.8	92.8	13.3	85.5	12.1
	3.N120晚施	85.2	10.9	79.6	11.0	89.6	12.8	84.8	11.6
	4.N140晚施	87.2	12.4	79.2	10.5	90.6	14.0	85.7	12.3
	5.N140（尿素）晚施	86.2	11 5	82.8	10.6	92.0	16.2	87.0	12.8
	6.日化成肥	86.8	11.9	87.0	11.0	88.8	11.4	87.5	11.4
	7.臺化成肥	85.8	10.1	81.2	11.8	88.4	11.8	85.1	10.8
	平均Mean	86.0	11.3	81.7	11.2	90.2	13.0	86.0	11.8
新竹五六 Hsinchu 56	1.N100對照	105	9.9	96.6	12.8	103	15.3	101.5	12.7
	2.N100晚施	101	7.0	95.0	11.2	109	14.4	101.7	10.9
	3.N120晚施	104	11.1	97.4	10.4	112	15.6	104.5	12.4
	4.N140晚施	106	11.1	95.0	11.2	113	17.1	104.7	13.1
	5.N140（尿素）晚施	109	10.7	98.0	12.3	107	13.7	104.7	12.2
	6.日化成肥	104	10.6	97.8	12.3	105	13.0	105.8	12.0
	7.臺化成肥	108	9.7	95.0	11.3	102	12.8	101.7	11.3
	平均Mean	105.3	10.0	96.4	11.5	107.3	14.6	103.0	12.0

表5. 第二期作試驗收穫時之水稻株高及每欉穗數

Table 5. The number of panicles per hill and the height of rice in the 2nd crop experiment

品種 Variety	處理 Treatment	羅東 Lotung 株高 Height cm	羅東 Lotung 穗數 No.of panicles	桃園 Taoyuan 株高 Height cm	桃園 Taoyuan 穗數 No.of panicles	樹林 Shulin 株高 Height cm	樹林 Shulin 穗數 No.of panicles	平均 Mean 株高 Height cm	平均 Mean 穗數 No.of panicles
矮脚尖 Aichiawchen	1.N100對照	84.9	12.9	88.1	16.2	90.3	15.4	87.8	14.8
	2.N100晚施	81.2	12.7	86.0	13.7	87.9	16.4	85.0	14.3
	3.N120晚施	84.2	11.4	85.8	12.5	89.1	16.2	86.4	13.4
	4.N140晚施	83.9	13.3	86.3	13.3	90.8	17.1	87.0	14.6
	5.N160（尿素）晚施	82.4	11.4	85.9	14.6	89.8	16.0	86.0	14.0
	6.日化成肥	84.2	11.8	89.0	15.0	89.1	16.3	87.7	14.4
	7.臺化成肥	84.3	11.0	89.5	14.0	89.4	14.9	87.7	13.3
	平均Mean	83.6	12.1	87.2	14.1	89.5	16.0	86.8	14.1
新竹六五 Hsinchu 56	1.N100對照	97.2	11.9	108.9	14.0	115.3	12.4	107.1	12.8
	2.N100晚施	94.7	9.7	103.9	13.2	110.9	12.7	103.2	11.9
	3.N120晚施	96.1	10.3	106.3	12.2	111.4	13.3	104.6	11.9
	4.N140晚施	100.1	12.2	106.4	14.6	112.1	11.9	106.2	12.9
	5.N140（尿素）晚施	95.6	10.0	104.9	11.0	114.1	11.1	104.9	10.8
	6.日化成肥	95.2	11.0	108.2	12.0	115.2	12.5	106.2	11.8
	7.臺化成肥	95.5	10.0	106.9	15.6	111.8	13.0	104.7	12.9
	平均Mean	96.3	10.8	106.5	13.2	113.0	12.4	105.3	12.1

關於兩期作之水稻產量比較，稻谷產量第一期作比第二期作爲高，但藁產量第二期作比第一期作爲高，與本省一般水稻產量情況相同。第一期作產量總平均爲谷 5.11 公噸/公頃，藁4.29公噸/公頃，稻/藁比率爲119/100。第二期作之產量總平均爲谷 4.82 公噸/公頃，藁 4.98公噸/公頃，谷/藁比率爲97/100。出穗期第一期作爲插秧後79天至82天，第二期作爲60天至 64 天（表 6 ）。本試驗之晚期施肥日期爲第一期作65天至95天第二期作50天至72天，剛在出穗期前後，都有多量氮肥之施用。雖然兩品種在各地出穗期不一致而全部氮肥之40%分施在此期間，但試驗結果表示，此種施肥方法，不但無減產危險，而各地均有增產效果。

表6. 水稻之出穗和收穫日期及其插秧後日數

Table 6. The date of heading and harvesting of rice and their number of days after transplanting

	調查項目 Items investigated		羅東 Lotung	桃園 Taoyuan	樹林 Shu lin	平均 Mean
第一期作 1st criop	插秧(月：日) Trans planting (month:day)		Ⅲ：27	Ⅳ：7	Ⅲ：21	
	出穗期 Date of heading	矮脚尖 Aichiaw-chien	Ⅵ：14(79天)	Ⅵ：21(75天)	Ⅵ：12(83天)	(78天)
		新竹56 Hsinchu 56	Ⅵ：14(79天)	Ⅵ：24(78天)	Ⅵ：19(90天)	(82天)
	收穫期 Date of harvesting	矮脚尖 Aichiaw-chien	Ⅶ：11(106天)	Ⅶ：15(99天)	Ⅶ：13(114天)	(106天)
		新竹56 Hsinchu 56	Ⅶ：11(106天)	Ⅶ：29(113天)	Ⅶ：22(123天)	(114天)
第二期作 2nd crop	插秧(月：日) Transplanting (month:day)		Ⅷ：15	Ⅷ：16	Ⅷ：7	
	出穗期 Date of heading	矮脚尖 Aichiaw-chien	Ⅹ：21(67天)	Ⅹ：11(56天)	Ⅹ：4(58天)	(60天)
		新竹56 Hsinchu 56	Ⅹ：17(63天)	Ⅹ：16(61天)	Ⅹ：15(69天)	(64天)
	收穫期 Date of harvesting	矮脚尖 Aichiaw-chien	Ⅺ：27(104天)	Ⅺ：21(97天)	Ⅺ：12(97天)	(99天)
		新竹56 Hsinchu 56	Ⅻ：6(113天)	Ⅻ：7(113天)	Ⅺ：26(111天)	(112天)

註 Note：括孤內數字爲插秧後日數 The figure in the parentheses are days after transplanting

圖1. 肥料處理對水稻產量之影響（十二個試驗之平均產量公噸/公頃）

Fig. 1. Effect of fertilizer treatments on the yields of rice(mean yields of 12 experiments ton/ha)

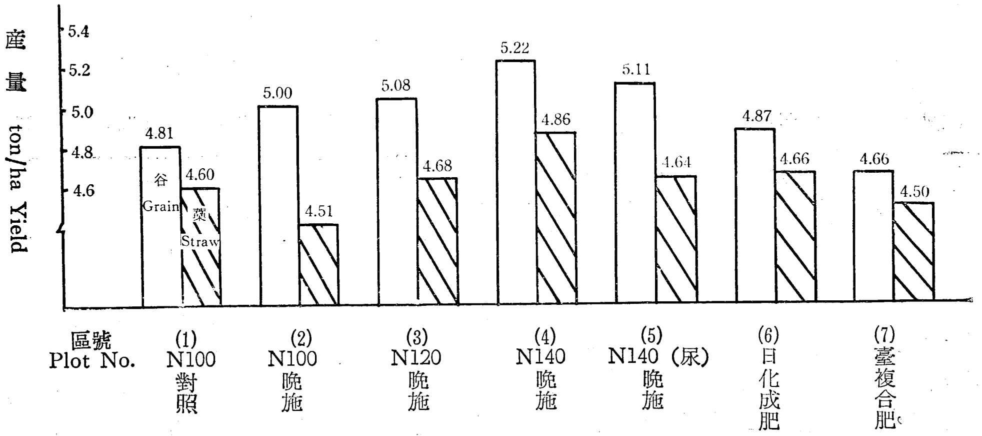


圖2. 十二個試驗之各肥料處理區稻谷產量指數（對照區做爲100）

Fig. 2. Indices of grain yields of the fertilizer treatmet plot of 12 experiments (taking the control plot as 100)

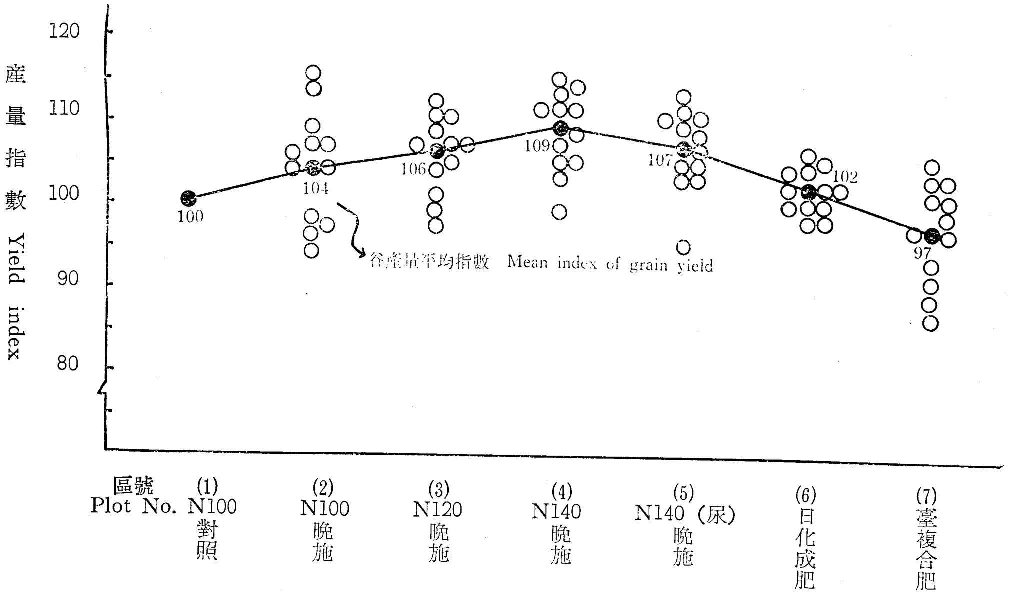
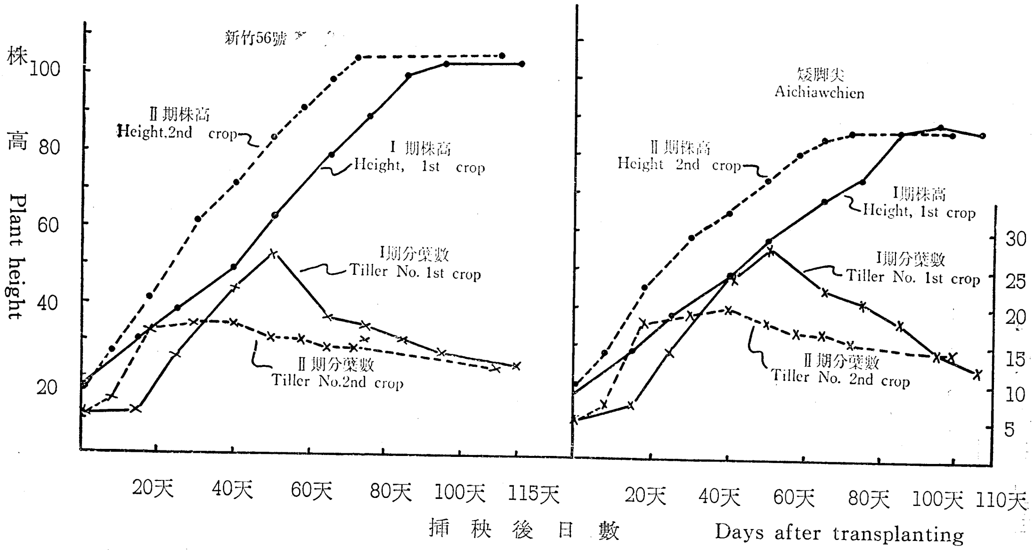


圖3. 新竹56號及矮脚尖在兩期作之生育情況

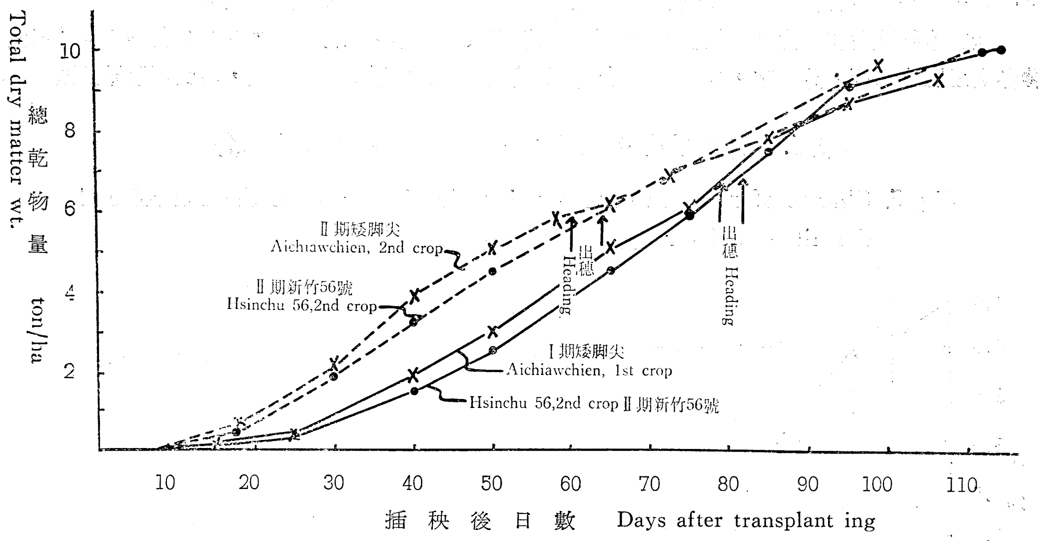
Fig. 3. The tiller number and the height of two rice varieties, Hsinchu 56 and Aichiawchien, grown in the two crop seasons



由圖1及2可看出各肥料處理區之十二個試驗平均水稻產量及其指數之比較。一般農家之慣行氮肥施用法，即對照區之 N100 公斤/公頃分三次施用與同量氮肥分六次施用，即第二處理之晚期施肥區比較時，前者谷產量4.81公噸/公頃，而後者5.00公噸/公頃得增產4％。若氮素施肥量提高，再配合晚期施用時，如第3處理 N120公斤可得增產6％，而第4處理 N140 公斤可得增產9％。

圖4. 新竹56號及矮脚尖在各時期之水稻總乾物生產量（公噸/公頃）

Fig. 4. The dry matter production of two rice varieties, Hsinchu 56 and Aichiawchien at successive growing stage (ton/ha)



近年來農復會補助農林廳所屬各改良場之水稻肥料試驗多處，其結果（4）表示氮肥之分施或穗肥之施用效果毫無疑問，但由各地環境之不同，對於如何分施，各時期之施用量應該多少尙無定論。林銅鐘氏（5）曾綜合歷年來之試驗成果而報告，穗肥施用均有80%之機會可獲得增產，其增產率約在10%左右，其穗肥施用量以 20～25公斤/公頃 ，即全部氮肥之 20—25%爲適 。鑑於氮肥對水稻之重要性，氮肥施用技術及分施方法需要繼續研究改進。本試驗之施肥方法爲氮肥總施量之40%，作爲四次之晚期施用包括出穗前約25天之穗肥，齊穗期之粒肥及成熟期之少量追肥等。此種施肥法與已往本省之施肥法不同，係一種新的嘗試，至值得檢討。按日本近年來之稻米增產據施肥技術之改進所貢獻的不少（6），其氮肥施用法在温暖地區，晚期施用量之比率曾佔全部氮肥之40%以上時亦得增產效果（7）。又松島氏（8）之施肥技術近來頗被接受，他報告各時期之氮肥之重要性，提出氮素追肥之V字型多收理論（9）即水稻生育中期，穗首分化期（營養成長期與生殖成長期之中間）之氮肥施用可減低水稻澱粉含量及增加不受精谷粒及株高而可引起減產。此時期需要注意氮素之過剩。所以本試驗處理注重於生育中期缺氮，配合晚期之多氮施用，究明在本省土壤之效果如何。試驗結果如上述晚期施肥可得增產並氮肥施用量增多時，其效果愈甚。譬如 N140 公斤/公頃時增產 9 %，但超過一般施肥量的多量氮肥，若在一般施肥法施用時，是否可得增產尙有疑問，且有減產之危險。總言之，此結果指示氮肥施用量，若配合晚期施用者，大可增多，也許超過 N140 公斤/公頃尙可增產。換言之，已往之氮肥施用適量在 N80～120 公斤/公頃之觀念可能需要修改， 即水稻施肥適量由施肥技術之改進可能會大大的提高，以達增產之目標。

關於硫銨與尿素之比較，由圖 1 及 2 之處理 4 （硫銨 N140 區）與處理 5 （尿素 N140 區）可知，前者各產量5.22公噸/公頃，後者各產量5.11公噸/公頃。若硫銨區作爲100時，尿素區指數爲98，相差 2 %，過去農試所進行六年之硫銨、尿素比較田間試驗亦得相同結果（10），即尿素對水稻肥効比硫銨差 2 %。使用土壤滲濾水裝置 Lysimeter 進行之硫銨與尿素肥料比較試驗四年平均結果（11），谷產硫銨區作爲100時，尿素區爲97。水稻對硫銨之氮素吸收率高於尿素，前者爲38%後者爲 33 %，但兩者肥料之氮素土壤滲濾損失率各約 6 %相差甚微。雖然同樣之氮素施用之下，硫銨比尿素略優，但使用尿素量增多時，尿素肥効可能達到與硫銨相同境地。

第7處理之臺製化成肥料區爲臺灣肥料公司出品，以尿素與磷鉀肥混合製造之16—8—12 配方複合肥料，其谷產量指數爲97，比對照區(硫銨)差3％，第6處理之日製化成肥料區爲日本日產化學工業株式會社出品之15—15—10配方，磷銨系之化成肥料。其谷產量指數102，比對照區硫銨略優2％。磷銨系肥料可能易被保持水田土壤中，並由於氮素損失較少，所以肥效較高。

關於本試驗所使用之兩種品種，新竹56號及矮脚尖兩期作之生育狀況列於圖3及圖4。將田間試驗各處理區之株高，分蘗數，總乾物量（包括稻藁及稻谷）之平均列於圖表，由此可以見此兩品種在

圖5. 對照區及晚施區之稻藁氮濃度之變化（N％）

Fig. 5. Change of nitrogen concentrations in rice straw at the control and the nitrogen later application plots

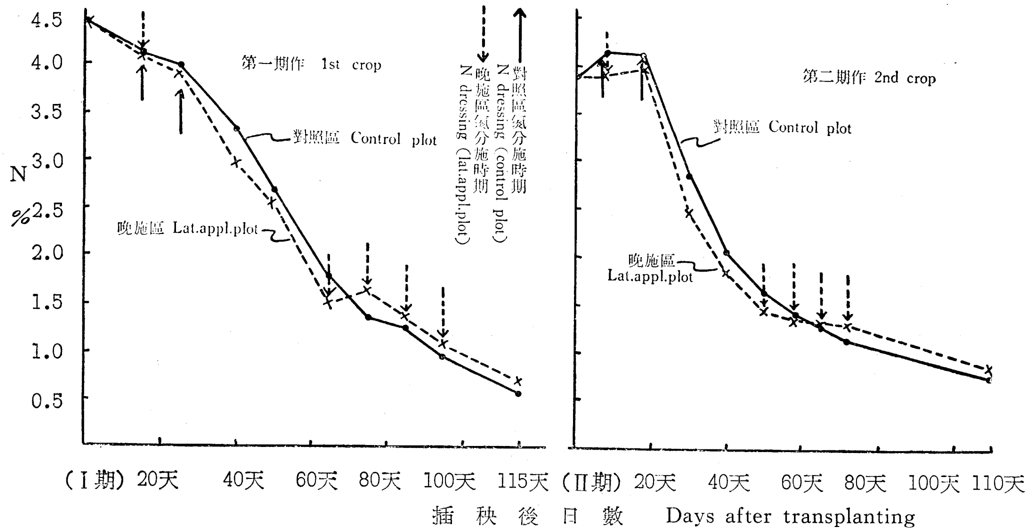
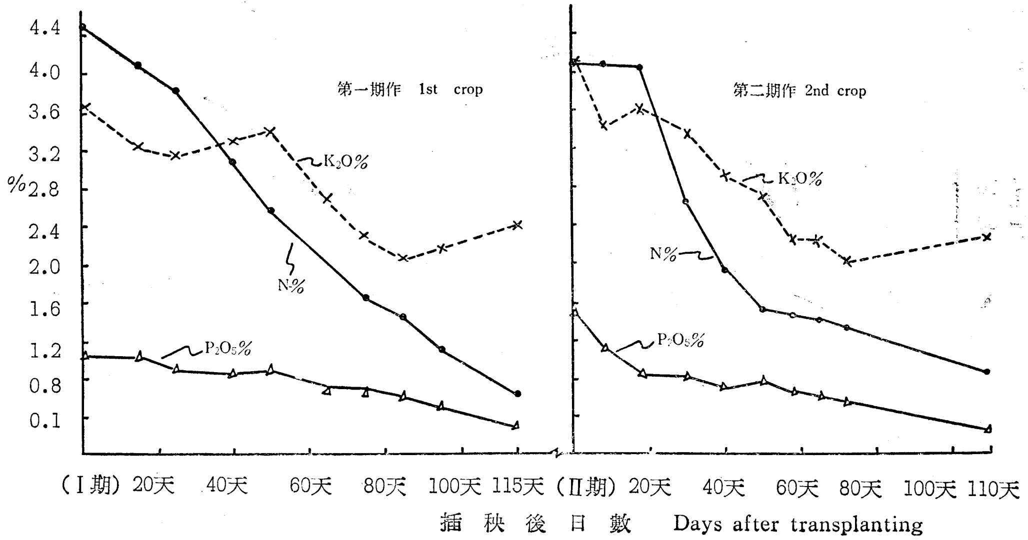


圖6. 稻藁之三要素濃度之變化（N. P_2O_5及K_2O％）

Fig. 6. Change of concentrations of nitrogen, phosphorus and potassium in rice straw



兩期作之差異如何。一般水稻插秧後營養生長期中因第二期作前期溫度較高，其水稻生育較在第一期作時爲旺盛，即株高，分蘖數及乾物生產量良好。但至於生殖生長期，第二期作水稻比第一期作水稻生育較差，即乾物生產量少，因之谷產量亦少。分蘖盛期第一期作約在插秧後50天，第二期作30天。矮脚尖比新竹56號分蘖數多，株高低而前期乾物量生產多，但後期轉遜。

圖7. 對照區及晚施區之水稻氮吸收量（氮N kg/ha）

Fig. 7. Amounts of nitrogen absorbed by rice plants at the control and the nitrogen later application plots

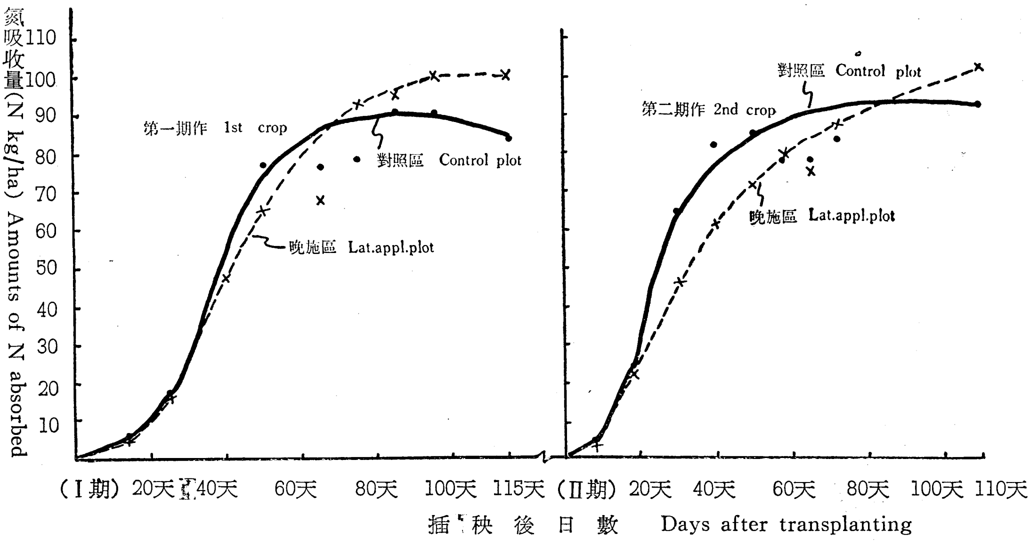


圖8. 水稻在兩期作之三要素吸收量

Fig. 8. Amounts of three elements absorbed by rice plants in the two crop seasons

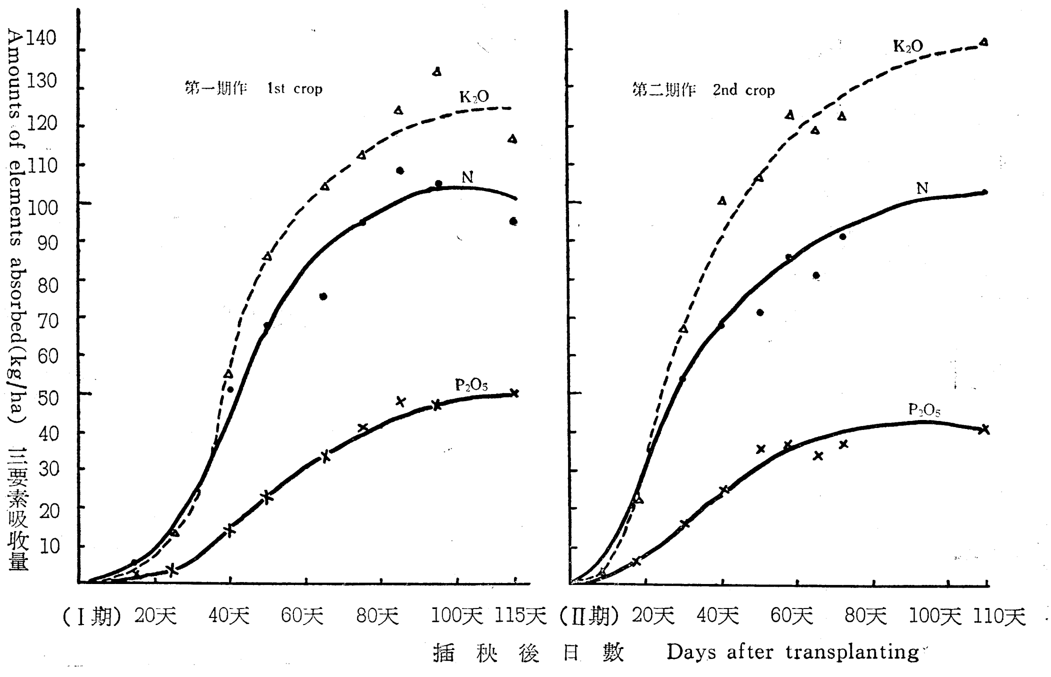
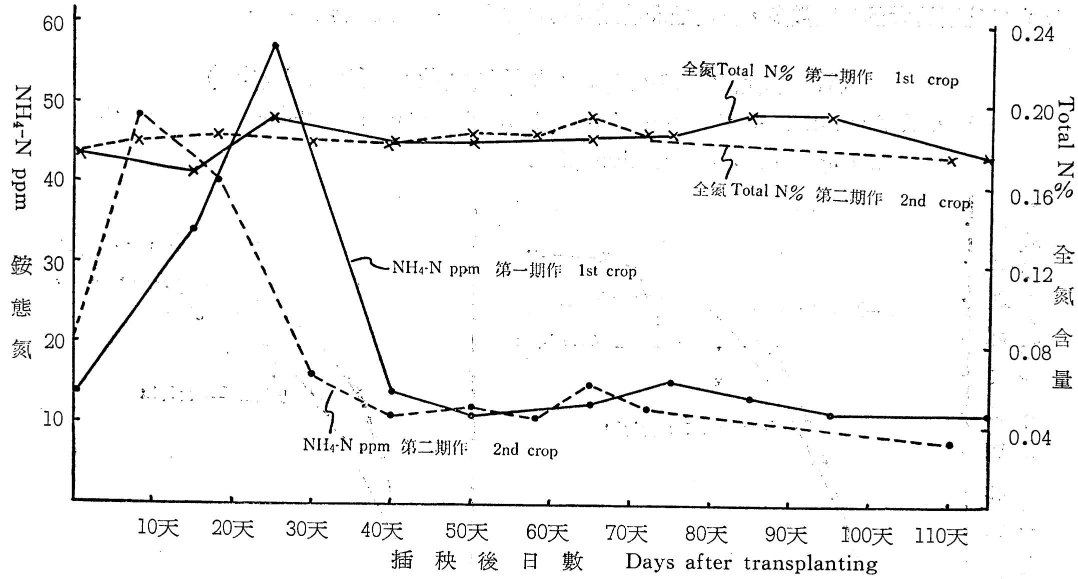


圖9. 水田土壤中全氮含量及銨態氮含量之變化（乾土中全N%及NH_4-Nppm）

Fig. 9. Change of total and ammonium nitrogen contents in the paddy soils(T. N% and NH_4-N ppm on dry soil basis)



II 化學分析結果

由揷秧至收穫期間分爲十次，分別採取各處理區樣本，分析水稻之三要素、氮、磷、鉀濃度，調查各時期之三要素濃度之變遷及水稻對三要素之吸收情況。

第1處理，對照區及第2處理，晚施區之稻藁氮濃度之變化將其三處試驗，兩個品種之平均結果列於圖5。由圖5之結果可看出在同量之氮素量即 N100 公斤施用之下，對照區與晚施區之氮濃度變化有明顯之不同趨向，即對照區前期氮濃度較高，但後期變爲較低。由前述產量結果所知晚施區比對照區在十二個試驗之平均結果可得稻谷增產4%。此增產之原因是否因由水稻生育後期保持高的氮濃度所致，留待求進一步研究證明，不過按過去之研究報告（12）表示氮施用可提高水稻之氮濃度及光合作用效率，所以對稻谷增產似有幫助。又由圖5可知以不同施肥方法可控制稻藁之氮濃度，在幼穗形成期第一期作（約揷秧後65天）及第二期作（約揷秧後50天）之對照區氮濃度各爲1.70%及1.65%，而晚施區氮濃度各降低爲1.5%及1.44%，即相差0.2%。晚施區水稻在此時期之缺氮情況之下，氮肥之繼續施用可得稻谷之增產。

圖6表示各試驗地各處理區之稻藁之平均三要素濃度之變化。一般稻藁之三要素濃度揷秧以後漸漸降低，至收穫期其濃度爲最低。但水稻在成熟期對鉀尙有多量吸收，所以稻藁鉀濃度在成熟期有提高之現象。

圖7表示在同量氮素 N100 公斤施用之下第1處理對照區與第2處理晚施區之水稻之氮肥吸收量之比較。在第一期作及第二期作都是同樣，在前期之水稻氮吸收量爲對照區較多，但在後期晚施區之氮肥吸收量變爲較多，至收穫時晚施區比對照區在第一期作多了17公斤/公頃，第二期作多了 10公斤/公頃之氮素之吸收量。若如何使氮肥被水稻完全吸收利用之問題爲稻谷增產之一個途徑時，採取此晚期施肥法確實使水稻吸收更多之氮肥，以致增產。圖8爲平均水稻三要素吸收量之情況。在收穫期之平均三要素吸收量爲 N—P_2O_5—K_2O 104—45—130 公斤/公頃。分別由各處理區之水稻三要素吸收量觀之，一般氮肥之晚施及多施使水稻氮吸收量增加之外，稻藁及稻谷之鉀濃度亦增加，即促進水稻對鉀之吸收。

由表7之結果可看出氮肥之晚施或多施均可增加稻藁及稻谷之含氮量，即可得蛋白質含量較高的

稻谷，將各處理區之水稻三要素含量之平均做爲兩個品種新竹56號及矮脚尖之比較，列於表8，矮脚尖之藁谷之三要素含量均比新竹56號爲高，即矮脚尖對三要素之吸收比新竹56號强，尤其矮脚尖稻谷之氮含量較高，即蛋白質含量較高。

各時期所採取之土壤樣本，分析其氮含量之結果顯示，土壤中全氮含量在各時期之變化不大，產量最高之樹林土壤之全氮含量比其他土壤爲低，平均0.16%。桃園土壤爲0.18%。羅東土壤爲0.21%。關於土壤中銨態氮（NH_4—N）含量，各處理間差異很小，各時期之變化較大。將各地之平均結果列於圖9。土壤中銨態氮含量秧插後漸漸增加，第一期作30天後，第二期作10天後達到最高，即由15ppm 增高至 50～60ppm，然後漸漸減低而維持 12ppm 左右。硝酸態氮（No_3—N）有時 1～2 ppm，時常不能檢出。

表7. 不同處理區之水稻氮素含量（N%）

Table 7. Nitrogen content of rice grown at the different fertilizer treatments.

品種 Variety	期作 Crop	處理 Treatment / 地點 Locality	稻藁 Straw 1.N 100 對照	稻藁 Straw 2.N 100 晚施	稻藁 Straw 3. N120 晚施	稻藁 Straw 4. N140 晚施	稻谷 Grain 1. N100 對照	稻谷 Grain 2. N100 晚施	稻谷 Grain 3. N120 晚施	稻谷 Grain 4. N140 晚施
新竹五六 Hsinchu 56	第一期 1st crop	樹林	0.62	0.71	0.76	0.91	0.96	1.14	1.26	1.30
		羅東	0.50	0.58	0.64	0.72	1.21	1.07	1.21	1.21
		桃園	0.70	0.81	0.77	0.82	1.10	1.14	1.14	1.16
		平均	0.61	0.70	0.72	0.82	1.09	1.12	1.20	1.22
	第二期 2nd crop	樹林	0.86	0.84	0.91	0.90	1.10	1.15	1.16	1.19
		羅東	0.76	0.76	0.83	0.94	1.08	1.18	1.23	1.34
		桃園	0.84	0.83	0.90	0.95	1.31	1.35	1.33	1.35
		平均	0.82	0.81	0.88	0.93	1.16	1.23	1.24	1.29
	總平均		0.72	0.76	0.80	0.88	1.13	1.18	1.22	1.26
矮脚尖 Aichiawchien	第一期 1st crop	樹林	0.53	0.73	0.68	0.71	1.44	1.59	1.40	1.63
		羅東	0.36	0.50	0.59	0.68	0.91	1.23	1.23	1.31
		桃園	0.74	0.77	0.93	0.97	1.37	1.40	1.45	1.51
		平均	0.54	0.67	0.73	0.79	1.24	1.41	1.36	1.48
	第二期 2nd crop	樹林	0.65	0.72	0.77	0.81	1.09	1.15	1.16	1.19
		羅東	0.69	0.85	0.89	0.96	1.31	1.41	1.58	1.57
		桃園	0.91	0.88	0.93	1.00	1.41	1.53	1.56	1.56
		平均	0.75	0.82	0.86	0.92	1.27	1.36	1.42	1.44
	總平均		0.65	0.75	0.80	0.86	1.26	1.39	1.39	1.46

表8. 兩水稻品種新竹56及矮腳尖之三要素含量（N. P_2O_5, K_2O%）

Table 8. NPK contents of two rice varieties, Hsinchu 56 and Aichiawchien

品種 Variety	期作 Crop	地點 Locality	稻藁 Straw N %	稻藁 Straw P_2O_5 %	稻藁 Straw K_2O %	稻谷 Grain N %	稻谷 Grain P_2O_5 %	稻谷 Grain K_2O %
新竹五六 Hsinchu 56	第一期 1st	樹林	0.70	0.266	2.53	1.12	0.616	0.47
		羅東	0.56	0.254	2.14	1.12	0.680	0.41
		桃園	0.73	0.291	1.87	1.08	0.655	0.37
		平均	0.66	0.270	2.18	1.11	0.650	0.42
	第二期 2nd	樹林	0.88	0.250	2.02	1.14	0.614	0.65
		羅東	0.81	0.167	2.36	1.23	0.584	0.34
		桃園	0.87	0.206	2.22	1.29	0.646	0.46
		平均	0.85	0.208	2.20	1.22	0.615	0.48
	總平均 Mean		0.76	0.239	2.19	1.17	0.633	0.45
矮腳尖 Aichiawchien	第一期 1st	樹林	0.65	0.284	2.79	1.45	0.737	0.43
		羅東	0.52	0.387	2.26	1.14	0.740	0.39
		桃園	0.81	0.282	2.12	1.39	0.742	0.40
		平均	0.66	0.318	2.69	1.33	0.740	0.41
	第二期 2nd	樹林	0.71	0.236	2.35	1.14	0.614	0.61
		羅東	0.79	0.364	2.29	1.38	0.637	0.39
		桃園	0.95	0.282	2.31	1.51	0.643	0.49
		平均	0.82	0.294	2.32	1.34	0.631	0.50
	總平均 Mean		0.74	0.306	2.51	1.36	0.686	0.46

四、摘　　要

使用兩個水稻品種，新竹56號及矮腳尖於羅東、桃園、樹林三處不同土壤進行田間肥料試驗，探求水稻氮素營養與產量之關係而闡明氮肥之晚期施用效果。此氮肥之晚施處理為全部之氮肥用量之百分之六十做為基肥及第一次追肥另百分之四十施用於水稻幼穗形成期以後即生殖生長期中施用。本試驗使用兩品種，三處試驗地，57年第一期作及第二期作，即共有十二個之田間試驗所得之結果如下：

1. 同量氮肥 N100 公斤/公頃施用之下，晚施區比較對照區之慣行施肥可得稻谷增產4 %。多氮配合晚施即 N120 公斤/公頃時可得6 %增產，而 N140 公斤/公頃時可得 9 %增產。使用晚期施肥技術可能提高原來之氮肥施用適量而得增產。

2.兩品種對多氮晚施都表現顯著的稻谷增產效果。第一期作新竹56號得增產12%，矮脚尖6%，但第二期作新竹56號6%，矮脚尖11%。平均稻谷產量兩品種間差異甚微，即新竹56號 5.00公噸/公頃，矮脚尖4.93公噸/公頃。

3.同量氮肥 N140 公斤/公頃施用之下，比較硫安與尿素之效果時，硫安區之谷產量爲5.22公噸/公頃，尿素區爲5.11公噸/公頃，相差2%。

4.同量氮肥 N100 公斤/公頃施用之下，比較硫銨與磷銨系複合肥料（日製15—15—10）及尿素系複合肥料（臺製16—8—12）之肥效，其稻谷產量指數硫安爲100時，磷銨系複合肥料 102，尿素複合肥料97。

5.稻谷產量高的氮肥晚施區之水稻在生育前期之稻稾濃度比對照區者爲低，但生育後期變高。氮肥晚施方法，使水稻在營養生長與生殖生長之中間降低氮濃度，即引起氮缺乏，而生殖生長期間中，一直保持氮高濃度。此種水稻氮營養狀態，似可得稻谷增產。

6.氮肥之晚施及多施使水稻氮吸收量增加之外，稾谷鉀濃度亦增加，即促進水稻對鉀的吸收。

7.矮脚尖對三要素之吸收比新竹56號爲强，尤其矮脚尖稻谷之氮含量較高，即蛋白質含量較高。

五、參考文獻

(1) 臺灣省糧食局（1969）臺灣糧食統計要覽

(2) 李蘭帝（1966）大量植物樣本氮、磷、鉀的迅速測定法。農業研究15：2。

(3) 李蘭帝（1968）擴散法在硝酸態氮定量上的應用。農業研究17：2。

(4) 臺灣省農林廳編印（1968）農復會補助水稻肥料試驗成果報告。

(5) 林銅鐘（1968）水稻肥料施用方法。臺灣省土壤肥料學會編纂五十八年度施肥講習資料。

(6) 日本土壤肥料學會編（1968）日本之土壤肥料學的進步。學會創立40週年紀念。

(7) 日本硫安工業協會（1967）關於水稻追肥之土壤肥料學研究集錄。

(8) 松島省三（1962）稻作之理論與技術　東京養賢堂。

(9) 松島省三（1967）水稻之V字型多收理論與其展開。農業及園藝42：144—150。

(10) 林國謙，連深（1960）各種氮肥連用試驗成績1952—1957年。農業研究9：2

(11) 徐水泉等（1967）硫酸銨與尿素對水稻之效應及其在水田土壤中之滲濾損失情況。農業研究16：3。

(12) Y. Murata (1964) Photosynthesis, respiration, and nitrogen response. The Mineral Nutrition of the Rice Plaints P385～P400. The Johns Hopkins Press, Maryland.

STUDIES ON THE TECHNIQUES OF NITROGEN FERTILIZATION OF RICE PLANTS (PART 1) EFFECT OF THE LATE TOP-DRESSING OF NITROGEN ON THE YIELD AND NUTRIENT UPTAKE OF RICE PLANTS

by

T. F, CHIU and W. L. HUANG

Summary

Two rice varieties, Hsinchu 56, Japonica type and Aichiawchien, Indica type, were used in the field fertilizer experiments at three sites, Lotung slate alluvial soil, Taoyuan latosol, Shulin sandstone shale alluvial soil, in order to investigate the relationship between the plant nitrogen status and the yield of rice. Special emphasis was laid on the effect of the late top-dressing of nitrogen that is 40% of total amount of nitrogen was applied after the stage of the panicle primodial formation. The results obtained from twelve experiments including two varieties, three sites, two crops were as follows:

1. The grain yield of the nitrogen late top-dressing plot was increaced 4% as compared with that of the control plot under the same amount of nitrogen application, N 100 kg/ha. The grain increment of the late top-dressing was 6% at N 120 kg/ha plot and 9% at N 140 kg/ha plot. The optimum nitrogen requirement will be increased and the better yield will be obtained if the nitrogen late top-dressing method is used in paddy fields.

2. Significant effectiveness of the high nitrogen late top-dressing on grain yield was observed for both varieties. In the first crop, 12% of grain increment was obtained for Hsinchu 56 and 6% for Aichiawchien, while in the second crop, 6% for Hsinchu 56 and 11% for Aichiawchien. The average grain yield of the two varieties was quite close, that is 5.00 ton/ha for Hsinchu 56 and 4.93 ton/ha for Aichiawchien.

3. In comparison of ammonium sulfate and urea under the N 140 kg/ha application, the grain yield of the ammonium sulfate plot was 5.22 ton/ha while that of the urea plot was 5.11 ton/ha showing 2% difference in grain yield.

4. Taking the grain yield of ammonium slufate as 100 under the same amount of nitrogen N 100 kg/ha application, that of the compound fertilizer of ammonium phosphate type (grade 15-15-10) was 102 and the compound fertilizer of urea type (grade 16-8-12) was 97.

5. The nitrogen content of rice straw of the high nitrogen late top-dressing plot which had the highest yield was lower at the early growing stage, however, the nitrogen content became higher at the later growing stage as compared with that of the control plot. The late top-pressing method induced the lower nitrogen content of straw showing nitrogen deficient status at the middle stage of rice growing period, and after that the

nitrogen content became higher than that of the control plants through reproductive stage. This nitrogen status seems to be better for rice to produce higher yield.

6. The nitrogen late top-dressing or high nitrogen application had rice plants increase nitrogen content as well as potassium content. The increase of nitrogen absorption seemed to promote potassium absorption.

7. More absorption of three elements by Aichiawchien than by Hsinchu 56 was observed. Higher nitrogen content, presumably higher protein content, was found especially in grains of Aichiawchien.